

**ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS RIOS DE ARACATACA Y
FUNDACION MAGDALENA CON FINES DE RIEGO AGRICOLA**

**ARTURO VESGA VESGA
VLADIMIR MANGA POLO
ESTUDIANTES DE INGENIERIA AGRONOMICA**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA AGRONOMICA
SANTA MARTA
2009**

**ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS RIOS DE ARACATACA Y
FUNDACION MAGDALENA CON FINES DE RIEGO AGRICOLA**

**ARTURO VESGA VESGA
VLADIMIR MANGA POLO**

**MEMORIA DE GRADO PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

**HUMBERTO DÍAZ CRIOLLO
DIRECTOR DE MEMORIA DE GRADO**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA AGRONOMICA
SANTA MARTA
2009**

**LOS JURADOS EXAMINADORES DE LA MEMORIA DE GRADO NO SERAN
RESPONSABLES DE LOS CONCEPTOS E IDEAS EMITIDOS POR EL
ASPIRANTE AL TÍTULO**

Nota de aceptación:

Firma del presidente

Firma del jurado

Firma del jurado
Santa Marta,

Santa Marta, Octubre 10 de 2009

Dedico a:

Hoy queda plasmado en este trabajo de investigación el resultado de días de sacrificio y dedicación, los que siempre permanecerán en mi mente. Dedico este trabajo a todas aquellas personas que estuvieron conmigo en este proceso dejando en mí una huella imborrable.

A Dios, que siempre me dio la virtud de la paciencia en los momentos difíciles.

A mis padres, Rosmira Rosa Polo Argote y Rosmiro Manga Acosta, por su entrañable amor y confianza en mí, por apoyarme en momentos difíciles de la vida y ser forjadores de sueño, Que Dios los bendiga.

A mis hermanos Julio, Josefina, Narcisa, Órnela por su apoyo incondicional en todo momento. Por enseñarme lo especial del amor de hermano y amigo, gracias.

A toda mi familia por ser el bastón en este sueño,

A Gisela Torres, mi compañera de la cual he aprendido mucho, gracias por ser tan especial conmigo y darme tu apoyo absoluto en este Trabajo.

A la personita más importante de mi vida, Ivanna Carolina mi hija la cual es el motivo para salir adelante, y lograr mis metas.

A mis compañeros, amigos y colegas, Anderson Aguilar, Frayde Atehortua, Arturo Vesga, Estela Rodríguez, Shaul Correa y Yhon Trujillo, johan vasco gracias por ayudarme en todo momento.

A toda la planta docente de la Universidad del Magdalena, por darme las bases y la herramienta para ser este proyecto realidad.

Vladimir manga polo

Dedico a:

Este trabajo queda plasmado años de dedicación y sacrificios a lo largo de la vida universitaria. Que permanecerá por siempre en mi mente y corazón.

Dedico este trabajo a todas aquellas personas que nos apoyaron a lo largo de cada semestre, que hicieron que todo fuese posible.

A Dios, por darme sabiduría, en los momentos difíciles y guiarme por el buen camino.

A mis Madre, Maria del Rosario Vesga Atuesta, por su entrañable amor y confianza en mí, por apoyarme en momentos difíciles de la vida. Que me inspira a ser mejor.

A mi padre que desde el cielo guía mis pasos.

A mi Familia que es el motivo de levantarme cada día y dar todo de mí, en los nuevos retos que me esperan. Que Dios los llene de bendiciones.

A mis compañeros, amigos y colegas, Anderson Aguilar, Fraide Atehortua, Vladimir Manga, Estela Rodríguez, Miguel Oliveros y Yhon Trujillo, Johan Vasco que siempre estarán en mi mente y corazón de aquellos buenos momentos durante la vida universitaria.

A los profesores que por su entrega y dedicación por formar buenos profesionales con bases para afrontar los retos de la vida profesional. Especialmente a la profesora Liliana Hoyos Carvajal por nos inspiro a mi y a todos mis compañeros que construir país, en el campo.

Arturo Vesga Vesga

AGRADECIMIENTOS

Manifiesto mis agradecimientos a todas aquellas entidades y personas que Colaboraron para la ejecución de este proyecto

Distrito de riego de aracataca, USOARACATACA

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

HUMBERTO DÍAZ CRIOLLO, director de la investigación y docente de la universidad del magdalena.

ISAAC ROMERO BORJA Coordinador Laboratorio de Calidad del Agua.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	7
LISTA DE TABLAS	10
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE ANEXOS	12
RESUMEN	13
SUMMARY	14
INTRODUCCION	15
OBJETIVO GENERAL	15
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1. ESTADO DE DESARROLLO	18
1.1. GENERALIDADES	18
1.2. Salinización por riego	19
1.3. Actividad humana para la formación de suelos salinos.	20
1.3.1 Deforestación.	21
1.3.2 Pastoreo excesivo.	21
1.3.3 Cambios en los patrones de cultivo.	22
1.3.4 Agotamiento de aguas superficiales y su reemplazo con agua salinas de capas más profundas durante el riego.	22
1.3.5 Utilización de biomasa como combustible en regiones áridas	23
1.3.6 Contaminación química.	23
1.3.7 El boro en el suelo.	24
1.3.8 Cationes y aniones.	25
1.3.9 Criterios para el análisis para evaluar el agua para riego	26

2. MATERIALES Y METODOS	33
2.1. Ubicación Geográfica	33
2.1.1 Clima	34
2.2 TOMA Y REGISTRO DE LOS FACTORES FISICOS Y QUIMICOS	35
3. RESULTADOS Y DISCUSION	38
3.1 Análisis Químico	42
3.2 Análisis Biológico	48
4. CONCLUSIONES	49
5. RECOMENDACIONES	50
BIBLIOGRAFIA	51
ANEXOS	52

LISTA DE TABLAS

Tabla 1:	Límites de tolerancia del Boro para algunas plantas en el suelo.	25
Tabla 2.	Criterios para evaluar la calidad del agua de riego Según la FAO.	27
Tabla 3.-	Clasificaciones de las aguas según las normas Riverside	29
Tabla 4.	Máximas concentraciones permisibles de oligoelementos en el agua de riego. (Fuente: Ayers y Westcot, 1985).	30
Tabla 5.	Influencia de la calidad del agua como peligro potencial de solución en a sistemas de riego por goteo	31
Tabla 6	Cantidad de hectáreas afectadas de acuerdo a la altitud de la cuenca del río Aracataca.	35
Tabla 7	Área de influencia del distrito de riego de Aracataca (USOARACATACA).	37
Tabla 8	Metodología utilizada en el Laboratorio de Calidad de agua.	40
Tabla 9	Resultados obtenidos para las distintas variables analizadas en el río Aracataca	42
Tabla 10	Resultados obtenidos para las distintas variables analizadas Río fundación.	45
Tabla 11	Índice de Dureza.	48
Tabla 12	Normatividad colombiana: criterios de calidad para la destinación del recurso dec1594/84 (dulce estuarina)	48

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1:	Agua azul y agua verde. Tomada de: Agua y agricultura. En Fundación (CIDOB. Pág. 106)_____	19
Figura 2:	Normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego. (U.S. Soild Salinity Laboratory)._____	28
Figura 3	Rió Aracataca._____	36
Figura 4:	Rió Fundación._____	36
Figura 5	Toma de muestras._____	38
Figura 6	Muestra recolectada y etiquetada del lugar donde se recogió la muestra._____	40

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Mapa del Rio Fundación-----	55
Anexo 2: Cuenca del Rio Aracataca-----	56

RESUMEN

El presente trabajo de investigación corresponde al estudio realizado sobre la calidad de las aguas usadas para riego agrícola en los ríos aracataca y fundación, ubicada en la parte nororiental del departamento del Magdalena (Colombia); presenta un clima cálido con una temperatura media anual de 33°C, lluvias anuales que alcanzan los 1.200 mm aproximadamente y que caen principalmente entre mayo y noviembre.

Para realizar el estudio se tomaron muestras y sub muestras de 600 cc de agua, se dividieron las zonas en alta, media y baja, de tal forma que se pudieron tomar muestras de la parte alta, media. En total, se tomaron 6 muestras, y 6 sub. Muestras a cada una de las cuales se les hizo los análisis químicos necesarios para determinar su calidad, tales como conductividad eléctrica, pH, contenido de aniones, cationes, Boro y RAS.

Con base en el estudio realizado y de acuerdo al procedimiento establecido por el Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos, las aguas de los ríos aracataca y fundación se clasifican como: C1-S₁ (agua de baja salinidad y baja en sodio), la cual no presenta riesgo de salinización en los suelos agrícolas.

Palabras claves: río, salinidad, calidad de agua..

SUMMARY

The present research work for the study of the quality of water used for agricultural irrigation in the rivers Aracataca and foundation, located in the northeastern part of the department of Magdalena (Colombia), has a warm climate with an average annual temperature of 33 ° C, annual rainfall reaches about 1,200 mm and falls mainly between May and November. To conduct the study samples were taken and sub samples of 600 cc of water, areas were divided into high, medium and low, so that samples could be taken from the upper, middle. In total, 6 samples were taken, and 6 sub. Samples at each of which made them the necessary chemical analysis to determine their quality, such as electrical conductivity, pH, content of anions, cations, boron and RAS.

Based on the survey and according to procedure established by the Salinity Laboratory of the United States, the waters of rivers Aracataca and foundation are classified as: C1-S1 (water of low salinity and low sodium), which presents no risk of salinization in agricultural soils

Keywords: river, salinity, water quality

INTRODUCCION

El agua, al igual que el fuego, la tierra y el aire, fue para los griegos uno de los cuatro elementos que formaron el mundo. El griego Tales de Mileto creía que el agua era el principio de todas las cosas existentes. Más tarde Empédocles, seguido por Platón y Aristóteles, la consideraban como uno de los cuatro elementos del universo, y luego a fines del siglo XVIII, nadie puso en duda que el agua fuera un elemento simple. (IDEAM, 1998)

El agua es un compuesto con características únicas, de gran significado para la vida, el más abundante en la naturaleza y determinante en los procesos físicos, químicos y biológicos que gobiernan el medio natural. (IDEAM, 1998). En las plantas es uno de los principales componentes, representando más del 90% de peso seco en la mayoría de sus órganos, efectúa un importante papel en la constitución y transporte de nutrientes esencial para el desarrollo fisiológico y procesos fundamentales como la fotosíntesis (Pizarro, 1996 citado por Aguilar, 2008).

El agua aparentemente se resume en una simple fórmula H_2O , que es la característica más general de las grandes masas que cubren el 71 % de la superficie de la tierra y que conforman lo que se denomina la hidrosfera distribuida uniformemente en la superficie formando una capa de 4 Km. de espesor. (IDEAM, 1998, Losiev, 1989)

No obstante el agua y la seguridad alimentaria están estrechamente relacionadas. Aproximadamente 800 millones de personas en el mundo todavía pasan hambre y la mayoría de ellos viven en regiones deficitarias de agua. En 1994 la FAO inició su Programa Especial para la Seguridad Alimentaria, era consciente que la disponibilidad al acceso al agua era un factor limitante muy importante para aumentar la producción de alimentos (UNESCO, 2008). En el futuro, será una cuestión clave en las próximas décadas por la escasez del

agua, que se convertirá en grave impedimento para la producción de alimentos (UNESCO, 2008). Mucha gente piensa que conoce la respuesta: argumentan que la reserva mundial de agua renovable es constante y por tanto no puede ser incrementada; consecuentemente, los recursos hídricos per cápita disminuyen a medida que aumentan la población y las necesidades; además, una gran parte del agua del mundo es malgastada sin control en regadíos ineficaces, muchos con extracciones insostenibles de aguas subterráneas. (FAO, 2002)

OBJETIVO GENERAL

- Conocer la calidad del agua de los ríos de Aracataca y Fundación utilizadas para riego agrícola.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Caracterizar las aguas de los ríos Aracataca y Fundación según las normas Riverside.
- Establecer el porcentaje de salinidad de las aguas que abastecen el distrito de riego de Aracataca y Fundación.
- Determinar las características fisicoquímicas y biológicas de las aguas de los ríos Aracataca y Fundación.
- Determinar que cultivos presentes en la región son aptos de acuerdo a los niveles de salinidad que se presente en agua de riego.
- Establecer si existe contaminación por metales pesados en el agua de riego de los municipios de Aracataca y Fundación.

1. ESTADO DE DESARROLLO

1.1 GENERALIDADES

El agua es uno de los principales componentes de las plantas, representando más del 90% de peso seco en la mayoría de sus órganos. Cumple un importante papel en la constitución y transporte de nutrientes esencial para el desarrollo fisiológico y procesos fundamentales como la fotosíntesis (Pizarro, 1996 citado por Aguilar, 2008).

Los hidrólogos han determinado que el total anual de precipitaciones sobre los Continentes e islas es de cerca de 110.000 km³ (Klohn y Appelgren, 2006). De ese total, unos 40.000 km³ (Klohn y Appelgren, 2006) se convierten en escorrentía superficial o subterránea, y representan el recurso bruto de agua dulce –la llamada “agua azul” (Figura 1) del que dispone nuestro planeta. Pero sólo una parte de ese total se encuentra convenientemente regulado y próximo al lugar donde puede ser usado para la agricultura. Cuando los hidrólogos afirman que sólo son accesibles en el planeta de 12.000 km³ a 14.000 km³ anuales de agua (Klohn y Appelgren, 2006), hay que tener presente que esa es una aproximación obtenida a partir del nivel actual de costes. Aumentar esos parámetros y hacer accesibles 15.000 km³ o 20.000 km³ del total de 40.000 km³ anuales de escorrentía superficial y subterránea (Klohn y Appelgren, 2006) es técnicamente posible, pero supone un incremento de costes económicos, ambientales y sociales.

Más del 60% de la producción agrícola mundial corresponde a una agricultura que depende exclusivamente del régimen de lluvias y utiliza el agua precipitada antes de que ésta se concentre en zonas superficiales o subterráneas (el agua verde). El riego complementa la precipitación natural; sólo en condiciones de aridez extrema toda el agua consumida por la planta proviene del riego. El desarrollo de una infraestructura de control del agua para la aplicación del riego permite al agricultor obtener seguridad para la cosecha y arriesgarse a invertir,

utilizar variedades de alto rendimiento y aplicar fertilizantes. Por esta razón, el riego se convirtió en la clave de una agricultura productiva y exitosa.

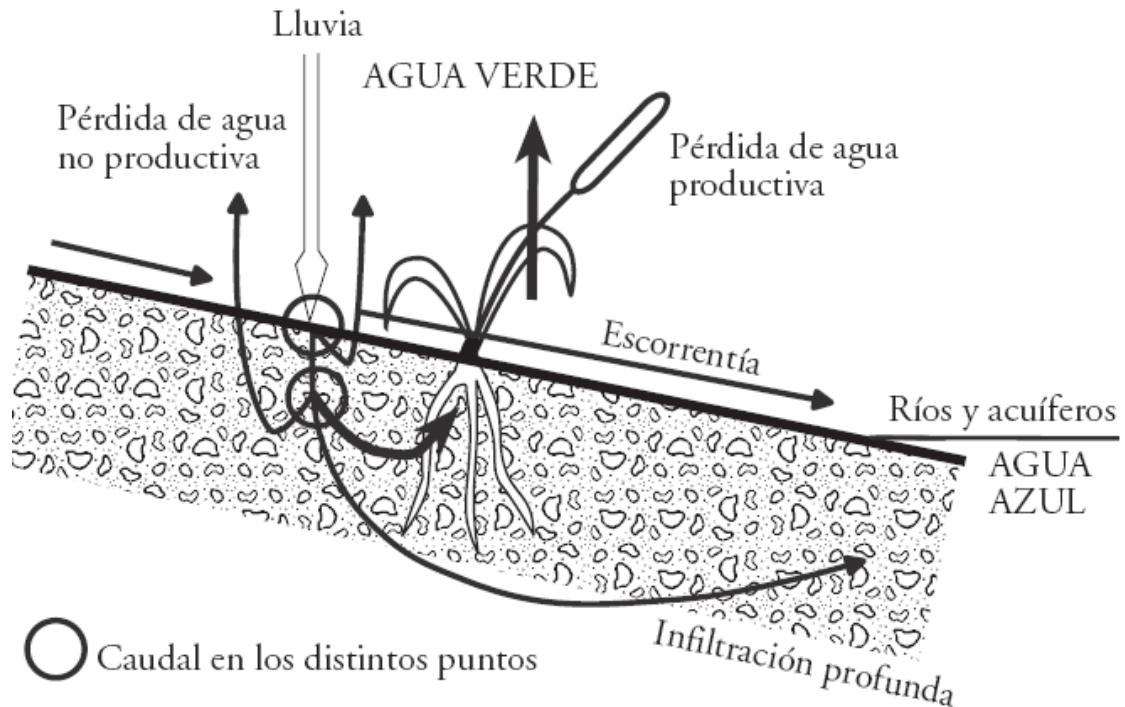


Figura 1: Agua azul y agua verde. Tomada de: Agua y agricultura. En Fundación CIDOB. Pág. 106.

1.2 Salinización por riego.

La salinidad, en algunas de sus manifestaciones ha sido la causa, en mayor o menor grado, de la reducción de la capacidad productiva de los suelos en muchas regiones del mundo, y aun del ocaso de muchas civilizaciones. Estudios de las Naciones Unidas indican que debido a la salinización existe hoy 1.5 veces más tierra improductiva que la que se encuentra bajo riego (García, 2008).

La salinidad es común en las regiones áridas y semiáridas en donde la evapotranspiración excede a la precipitación y es necesario recurrir al riego para satisfacer las necesidades de agua de los cultivos (García, 2008). Cuando las sales solubles se concentran en el perfil del suelo, y exceden ciertos límites,

se producen condiciones que afectan el crecimiento normal de las plantas; sus efectos son diversos y la intensidad de ellos depende de la cantidad y tipo de sales predominantes, de factores del suelo, del clima, del régimen de lavado y del drenaje.

Aunque las áreas afectadas por la salinización originada en la actividad humana están localizadas predominantemente en las regiones áridas y semiáridas, se las encuentra afectando vastas zonas de valles, tierras bajas, pie de monte y en áreas costeras pero también en tierras altas como en la Sabana de Bogotá en Colombia a 2.600 m de altitud, en las montañas Rocosas en los Estados Unidos a alturas variables o a más de 5.000 m en el Tibet y aún en las regiones árticas, cubriendo un área estimada en 1/10 de la superficie terrestre en más de 100 países (Zsabolcs, 1995).

En América Latina la salinidad ha vuelto improductivas extensas regiones y amenaza muchas más. En Colombia, se estima que un 3% del total del área cultivable -3.360.000 has- tiene problemas de sales (García, 2008), con el agravante de que gran parte de ella está localizada en zonas de alto potencial para desarrollo de programas de producción intensivos con productos de alto precio en el mercado mundial, como en el caso de la Región Caribe en donde se encuentran más de 2.500.000 has (García, 2008) con afecciones de diverso tipo y magnitud, o de las áreas con agricultura intensiva y tecnificada en los valles interandinos de los ríos Cauca y Magdalena, de la Sabana de Bogotá, especialmente en pasturas y cultivos de invernadero, y en Boyacá y los Llanos Orientales como resultado de las explotaciones petroleras.

1.3. Actividad humana para la formación de suelos salinos.

Aunque muchos suelos salinos deben su origen a procesos naturales que han actuado por largo tiempo, las actividades humanas que interfieren y modifican los procesos naturales han causado la salinización de muchos suelos en el mundo.

El uso de métodos impropios de riego es una de las más importantes causas de salinización secundaria (salinización debida a la actividad humana). Según Zsabolcs (1995) este problema ha acompañado al hombre a través de la historia, lo que hace evidente el hecho de que por miles de años no hubo suficiente conocimiento para prevenir, combatir o manejar la salinización y por tanto, la degradación de los suelos y otros efectos adversos se reconocieron demasiado tarde para prevenir su efecto. A medida que la salinización avanzaba el hombre se vio obligado a buscar y adecuar nuevas tierras y se estableció así un proceso de uso, degradación y abandono el cual resultó común a todos los continentes. Así, por ejemplo, en Argentina 50% de las 40.000 hectáreas con riego, existentes en el siglo XIX están hoy salinizadas (García, 2008). Como un factor común a todas ellas se puede anotar que una vez que los suelos fueron abandonados permanecieron así, en algunos casos por miles de años sin recibir ningún mejoramiento y forman parte de las grandes extensiones que actualmente son salinas (García, 2008).

Además del riego, otras actividades humanas han contribuido a la intensificación o iniciación de los procesos de salinización. Entre ellos se pueden contar según Zsabolcs (1995), los siguientes procesos antropogénicos:

1.3.1 Deforestación. La deforestación intensiva a menudo da por resultado cambios en los balances hídricos, en la economía del agua en el paisaje, en los balances de masas y energía de los procesos de formación de suelos, lo que puede contribuir a la migración de sales solubles en suelos y aguas; lo cual, a menudo, conduce a la acumulación de sales por elevación del agua freática o por alteración de procesos biológicos en plantas y organismos del suelo, que progresivamente llevan a la salinización y alcalinización.

1.3.2 Pastoreo excesivo. Al afectar el balance original y el metabolismo de compuestos entre la cobertura natural y el suelo puede conducir a cambios en los procesos de descomposición de

compuestos órgano-minerales, seguidos por la acumulación de sales solubles en las capas superficiales del suelo o en las aguas freáticas que pueden ascender llevando grandes cantidades de sales al perfil. A lo anterior hay que sumarle el efecto negativo causado por la compactación progresiva debida al peso de los animales sobre un suelo poco protegido.

1.3.3 Cambios en los patrones de cultivo. Algunos métodos de cultivo pueden dar lugar a cambios en los balances de agua y nutrientes del suelo como puede suceder, por ejemplo, cuando se cultivan áreas de turba o praderas en donde la eliminación de la cobertura natural contribuye a la descomposición de la materia orgánica en el suelo. Si paralelamente se produce la elevación del agua freática mineralizada por lavado, se puede producir la salinización.

1.3.4 Agotamiento de aguas superficiales y su reemplazo con aguas salinas de capas más profundas durante el riego. La perforación de pozos puede traer a la superficie aguas salinas cuando los acuíferos de donde estas provienen estén en contacto con depósitos de sedimentos de origen lacustre o marino como ocurre en las zonas petroleras de los departamentos de Arauca y Casanare en Colombia (García, 2008).

También la construcción de estructuras de almacenamiento o conducción de aguas para riego puede causar salinización de áreas aledañas a ellas dependiendo de la calidad del agua que albergan y de la temperatura de la región.,

En áreas con agricultura intensiva, con fertilizantes y riego abundantes, las aguas subterráneas pueden tener muy altas concentraciones de sales provenientes de la lixiviación natural de las aguas a través del perfil y de

procesos de lavado. Estas pueden retornar a la superficie de las formas mencionadas antes.

1.3.5 Utilización de biomasa como combustible en regiones áridas. Esta práctica produce los mismos efectos adversos que tienen cambios en el balance de compuestos orgánicos en una región dada ya que debido a la mineralización de la materia orgánica se pueden acumular sales solubles en distintos estratos del suelo. Ya que el nitrógeno presente en la biomasa se transforma en nitrato de amonio. Un ejemplo es la fabricación del alcohol carburante que es ligado al cultivo de la caña de azúcar que trae consigo subproductos o residuos con el caso de la vinaza por cada litro que se produce de alcohol carburante se produce 25 litros que tiene una carga orgánica y elemental contaminante en los suelos y las aguas. Otro ejemplo son los residuos que deja la extracción de aceite de palma de aceite que también son altamente contaminantes si no se hace un control ambiental.

1.3.6 Contaminación química. En condiciones de agricultura intensiva y, especialmente, en invernaderos es común el uso de grandes cantidades de fertilizantes y agroquímicos de diverso tipo durante períodos prolongados, lo que conduce a la acumulación de los residuos de fertilizantes en el suelo como sucede en los cultivos de flores de la Sabana de Bogotá en Colombia o en las zonas de Cayambe y La Tacunga en Ecuador (García, 2008). En este grupo se puede incluir la salinización de suelos por aplicación intensiva de abonos de origen químico que han recibido fuertes suplementos de sales minerales.

En las proximidades de áreas industriales se puede producir la salinización de los suelos debido a las emisiones de sulfuros, cloruros, nitratos y compuestos orgánicos.

El uso de aguas servidas urbanas o industriales es responsable de efectos salinos y de acumulación de sustancias tóxicas de origen orgánico o mineral en muchos suelos especialmente en áreas próximas a los grandes centros urbanos que no disponen de plantas de tratamiento para descontaminación.

1.3.7 El Boro en el Suelo. El B es toxico para algunas cuando la concentración del agua del suelo excede ligeramente ala concentración requerida para una producción optima. Los problemas de toxicidad son comunes en algunas áreas en donde las aguas subterráneas que se usan para riego atraviesan depósitos ricos en este nutrimento y, en general, la toxicidad se observa en las regiones áridas cuando se usan aguas de riego con contenidos mayores de 0,75 mg de B/l.

En el suelo los problemas de toxicidad son menos corrientes pero algunos suelos pueden contener cantidades excesivas de B a causa de su origen o material parental. Para la Mayoría de los cultivos los síntomas aparecen cuando las concentraciones en los tejidos foliarles exceden de 250 mg/kg (Bingham, 1982)

Posteriormente, según Bingham,(1982), consideró que el efecto del boro sobre las plantas sigue la misma tendencia que el efecto salino osmótico, por otra parte El efecto tóxico del boro se puede atenuar mediante el uso de técnicas de lavado del suelo, en la tabla 1 se puede observar la tolerancia de algunos cultivos hacia el Boro.

Tabla 1: Límites de tolerancia del Boro para algunas plantas en el suelo.

Cultivo	Nivel critico (A) (mg/ l)	Disminución en producción (B)
Muy susceptibles		
Palma de Aceite	0,2-0,3	..
Limón	0,3-0,5	20
Mora	0,3-0,5	19
Susceptibles		
Aguacate	0,3-0,5	..
Toronja	0,3-0,5	..
Naranja	0,3-0,5	..
Cebolla	0,6-0,8	..
Ajonjolí	0,6-0,8	7,5
Moderadamente susceptible		
Zanahoria	1,0-1,5	..
Tabaco	1,5-2,0	6,3
Rábano	2,0-4,0	2,8
Apio	2,0-4,0	2,2
Pepino	3,0-4,0	..
Moderadamente Tolerantes		3,1
Sorgo	5,0-6,0	
Maíz	7,0-10,0	5,6
Tomate	10,0-15,0	4,1

1.3.8 Cationes y aniones. Se encuentran, los cationes de Calcio, Magnesio, sodio y Potasio y los aniones Carbonatos y Bicarbonatos, sulfatos, cloruros y Nitratos tienen el mismo efecto al aumentar la presión osmótica total con la solución del suelo los cuales al aumentar su valor permisible se vuelven tóxicos para los cultivos. Tienen un carácter nocivo para los suelos cuando son aplicados a través del agua de irrigación cuando se aplican grandes volúmenes de agua.

1.3.9 Criterios para el análisis para evaluar el agua para riego. Para clasificar aguas para riego se ha usado, sin mayor análisis, el nomograma propuesto por el laboratorio de salinidad del USDA (1984) o normas riverside que considera el efecto los valores de la CE y de la RAS (ver figura 2) obtenidos del análisis de laboratorio. Esta clasificación no considera el efecto

agregante o floculante de las sales opuesto al dispersante del Na^+ . (Garcia 2008).

La tendencia actual de evaluación de la calidad del agua para riego tiende a ser más cualitativa que cuantitativa, evitando el uso de clasificaciones rígidas y tratando cada caso en forma elástica y particular. publicaron En el Manual 29 de la FAO, (Ayers y Westcot1985).

Se debe realizar un análisis muy completo del agua para determinar las medidas preventivas y equipos adicionales necesarios. Este debe incluir sales, dureza, sólidos en suspensión, total de sólidos disueltos, demanda biológica de oxígeno (BOD), Demanda química de oxígeno (COD), Materia orgánica y otras sustancias orgánicas, Microorganismos, Metales como Fe, Mn, Zn, Cu; Presencia de sulfatos, silicatos, carbonatos, bicarbonatos, óxidos e hidróxidos de metales; Bacterias y Bacterias reductoras de sulfatos. Y el tipo de riego que se valla emplear ya sea por gravedad o sistemas de riego avanzados (Garcia 2008).

Tabla 2. Criterios para evaluar la calidad del agua de riego. Según la FAO

<i>Problema potencial</i>	Unidades	Grado de restricción en el uso		
Salinidad		Ninguno	Ligero a Moderado	Severo
*CEa	dS/m	< 0.7	0.7 - 3.0	> 3.0
*TDS	mg/l	< 450	450 - 2000	> 2.000
Infiltración RAS = 0-3 y CEa =3-6 = =6-12= =12-20= =20-40=	Cm/ha	>0.7 > 1.2 > 1.9 > 2.9 > 5.0	0.7 – 0.2 1.2 – 0.3 1.9 – 0.5 2.9 – 1.3 5.0 – 2.9	< 0.2 < 0.3 < 0.5 < 1.3 < 2.9
Toxicidad de Iones Específicos Sodio (Na) Riego Superficial Riego por aspersión Cloruros (Cl⁻) Riego Superficial Riego por aspersión Boro (B)	RAS me/l me/l me/l me/l	< 3 <3 < 4 <3 < 0.7	3 – 9 >3 4 – 10 >3 0.7 – 3.0	> 9 > 10 > 3.0
Otros Nitratos (N-NO ₃) Bicarbonatos (HCO ₃) pH	mg/l me/l Rango Normal	< 5 < 1.5 6.5	5 – 30 1.5 – 8.5 8.4	> 30 > 8.5

Conductividad eléctrica (CEa)
Sólidos disueltos (TDS)

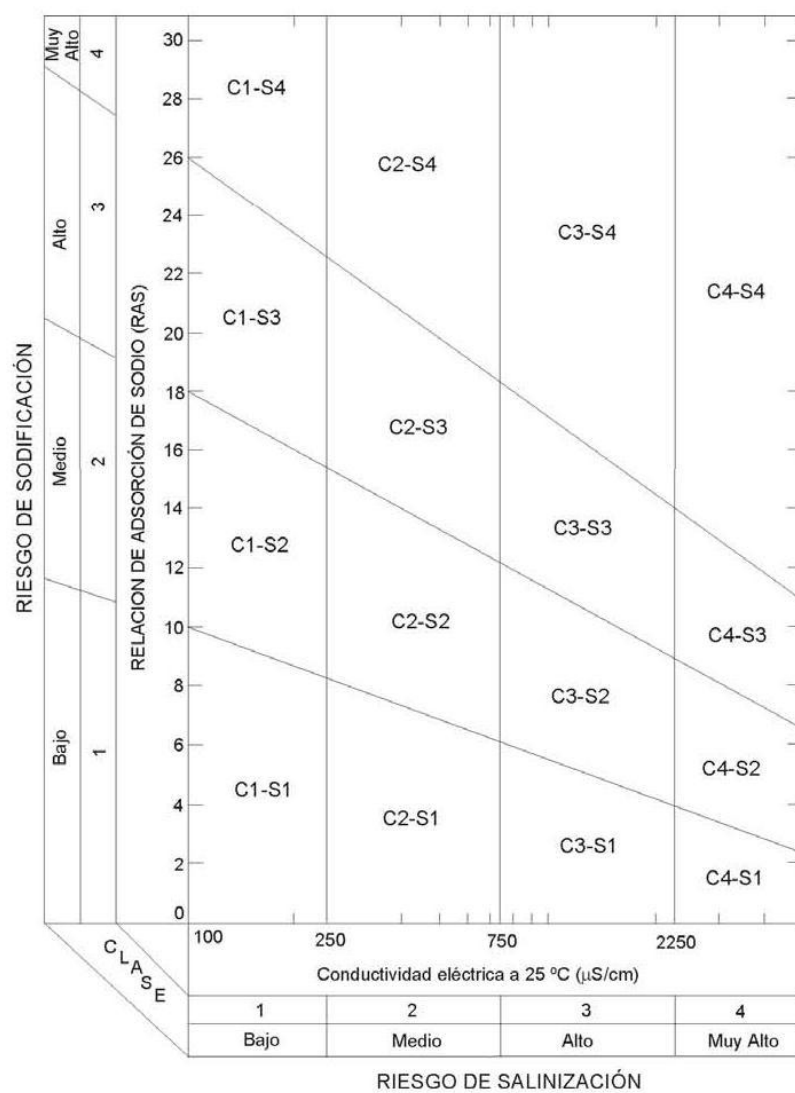


Figura 2-Normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego. (U.S. Soild Salinity Laboratory).

Tabla 3.- Clasificaciones de las aguas según las normas Riverside

Tipos	Calidad y normas de uso
C ₁	Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas sólo en suelos de muy baja permeabilidad.
C ₂	Agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.
C ₃	Agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de agua en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
C ₄	Agua de salinidad muy alta que en muchos casos no es apta para el riego. Sólo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar las sales del suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
C ₅	Agua de salinidad excesiva, que sólo debe emplearse en casos muy contados, extremando todas las precauciones apuntadas anteriormente.
C ₆	Agua de salinidad excesiva, no aconsejable para riego.
S ₁	Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.
S ₂	Agua con contenido medio en sodio, y por lo tanto, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina (arcillosos y franco-arcillosos) y de baja permeabilidad. Deben vigilarse las condiciones físicas del suelo y especialmente el nivel de sodio cambiante del suelo, corrigiendo en caso necesario
S ₃	Agua con alto contenido en sodio y gran peligro de acumulación de sodio en el suelo. Son aconsejables aportaciones de materia orgánica y empleo de yeso para corregir el posible exceso de sodio en el suelo. También se requiere un buen drenaje y el empleo de volúmenes copiosos de riego.
S ₄	Agua con contenido muy alto de sodio. No es aconsejable para el riego en general, excepto en caso de baja salinidad y tomando todas las precauciones apuntadas.

Tabla 4. Máximas concentraciones permisibles de oligoelementos en el agua de riego. (Fuente: Ayers y Westcot, 1985)

Elemento	Máxima Conc. permisible (mg/l)	Observaciones
Al	5.0	Causa restricción en el crecimiento en suelos ácidos (pH 5.5)
As	0.10	Toxicidad para las plantas variable, p.e. 12 mg/l para Pasto Sudán; 0.05 mg/l para arroz
Cd	0.01	Tóxico para frijoles, remolachas y nabos a concentraciones tan bajas como 0.1 mg/L en soluciones nutritivas. Debido a su acumulación potencial en plantas se recomienda límites conservadores pues puede ser tóxico para los seres humanos
Co	0.05	Tóxico para tomate en soluciones nutritivas en concentraciones de 0.1 mg/l. Tiende a inactivarse en suelos neutros y alcalinos
Cl	0.10	Puede causar toxicidad en algunas plantas. Debido a desconocimiento de sus efectos se recomiendan límites conservadores
Cu	0.20	Tóxico para muchas especies de plantas en soluciones nutritivas entre 0.1 y 1.00 mg/l.
F	1.0	Se inactiva en suelos neutros y alcalinos
Fe	5.0	No es tóxico para las plantas en suelos bien aireados, pero puede contribuir a la acidificación del suelo, causando disminución del P y Mo aprovechables. En el agua de riego puede causar depósitos en las hojas y equipos
Li	2.5	Tolerable por la mayoría de los cultivos hasta 5 mg/l, excepto por los cítricos para los cuales es tóxico a bajas concentraciones (< 0.075 mg/l); actúa en forma similar al boro.
Mn	0.20	Tóxico para muchos cultivos a muy bajas concentraciones. Su toxicidad en común en suelos ácidos
Mo	0.01	No tóxico para las plantas en las concentraciones normales en los suelos y aguas. Puede ser tóxico para animales que se alimenten con forrajes cultivados en suelos con alto contenido de este elemento
Ni	0.20	Para muchas plantas es tóxico a concentraciones entre 0.5 y 1.0 mg/l. La toxicidad se reduce en suelos alcalinos y neutros
Pb	5.0	Puede inhibir el crecimiento celular a altas concentraciones.
Se	0.02	Concentraciones tan bajas como 0.025 mg/l pueden causar toxicidad en plantas. En animales se puede ser tóxico cuando se alimentan con forrajes con alto contenido de este elemento
V	0.10	Tóxico para muchas plantas a concentraciones relativamente bajas.
Zn	2.0	Es tóxico para muchas plantas a concentraciones variables. A pH 6.0 se reduce su toxicidad. En suelos finos y orgánicos se reduce su toxicidad
Sn, Ti, W		Son excluidos efectivamente por plantas

Tabla 5. Influencia de la calidad del agua como peligro potencial de solución a sistemas de riego por goteo

Problema potencial	Unidades	Grado de restricción en el uso		
		Ninguno	Ligero a moderado	Severo
Físico Sólidos en suspensión	mg/l	< 50	50 – 100	> 100
Químico pH		< 7.0	7.0 – 8.0	>8.0
Sólidos disueltos	mg/l	< 500	500 – 2000	> 2000
Manganeso	mg/l	< 0.1	0.1 – 1.5	> 1.5
Hierro	mg/l	> 1.5	0.1 – 1.5	> 1.5
Sulfuro de Hierro	mg/l	<0.5	0.5 – 20.	>2.0
Biológico Poblaciones bacterianas	No. max./ml	<10.000	10.000 – 50.000	>50.000

2. MATERIALES Y METODOS.

2.1 Ubicación Geográfica

El estudio se llevo a cabo en dos zonas del Departamento del Magdalena las cuales son las siguientes.

1. Rio Aracataca
2. Rio Fundación

El municipio de Aracataca está localizado a 40 m.s.n.m al norte del Departamento del Magdalena, en la subregión Sierra Nevada de Santa Marta; esta comprendido en los 74° 7" al oeste y 10° 34" latitud norte. Presenta una temperatura promedio de 28°C. Comprende dos regiones perfectamente definidas, una al occidente: plana y baja de altas temperaturas, en las proximidades de la Ciénaga Grande de Santa Marta, y la otra al oriente, formada por la Sierra Nevada de Santa Marta, que tiene elevaciones hasta de 5.775 m.s.n.m. El municipio de Aracataca, pertenece a la Zona Bananera, la cual esta constituida por mantos sedimentarios del terciario, consistentes en afloramientos micénicos de areniscas pardas limosas y de estratificación cruzada; arcillas arenosas y pizarrosas y material metamórfico e ígneo. (wed oficial del municipio de Aracataca, 2009).

El municipio de Fundación se encuentra 10° 31' latitud norte y 74° 11' longitud oeste. Tiene una temperatura promedio de 29°C. Localizado en la Depresión Cataquera, que hace parte de la Unidad Fisiográfica del Valle Irrigado por el Río Grande, caracterizada por ser baja, plana e inundables con presencia de numerosos caños y por los frecuentes desbordamientos del Río. Además parte del territorio se halla en el sistema de lomas y colinas, que viene siendo disectada por el sistema de drenaje, ubicadas en el sector altos del río, con una altura que no supere los 120 metros sobre el nivel del mar; y en la Llanura del Plato, en el sector nor-oriental del municipio.

En cada uno de los dos ríos que se escogieron como zona de estudio se tomaron como referencia tres zonas respectivamente (alta, media, baja) los cuales fueron georeferenciados para llevar a cabo esta investigación.

Río Aracataca.

- Zona alta (Corregimiento macaraquilla, finca las miradas)
- Zona media (Bocatoma del distrito de riego usoaracataca)
- Zona baja (corregimiento de teobromina, finca Maria Azucena)

Río fundación.

- Zona alta (finca cara de vaca)
- Zona media (corregimiento de buenos aires, canal corralito)
- Zona baja (municipio de el reten).

El área de la cuenca es de 95.760 has. La longitud del río Aracataca es de 130Km; nace a la altura de 4.240 m.s.n.m. en la cuchilla de Icachui, donde adquiere el nombre de Mamancanaca y luego de recibir las aguas del río Dunameina, toma el nombre de Aracataca. Recorre la cuenca de este a oeste y desemboca en la Ciénaga Grande de Santa Marta, en el sitio conocido como Bocas de Aracataca. (Barbieri, 1999).

La geología de la cuenca del río Aracataca corresponde a las provincias geológicas de la Sierra Nevada de Santa Marta, la llanura del Magdalena y Ariguaní, ésta última ocupando la llanura aluvial de la cuenca, constituida por mantos sedimentarios. (Barbieri, 1999)

El 58% de la cuenca tiene pendiente que van de fuerte a muy escarpada, de éste rango, el 46% del área debe limitarse a protección y el 54% restante a cultivos permanentes y densos. (Barbieri, 1999).

2.1.1 Clima

La precipitación es relativamente uniforme según la estación San Lorenzo ubicado a 2200 msnm y la estación Zacapa ubicada a 30 msnm. Las lluvias comienzan en el mes de abril y se extiende hasta el mes de noviembre. Los meses de diciembre, enero y febrero presentan poca precipitación. En cuanto a la temperatura presenta un promedio diario de 28°C en la estación Zacapa y 13.7°C en la estación San Lorenzo. (Escobar, 2000).

La humedad relativa esta alrededor del 90% en los meses lluviosos mientras que en los meses secos esta alrededor de 84% y 88%. (Barbieri, 1999; Escobar, 2000).

La evaporación anual es uniforme con leves fluctuaciones en época de lluvia. Pero cambia a mayor altura a nivel del mar. En la estación Zacapa se registran valores en promedio de 1.794mm y la estación San Lorenzo 745.5mm. (Barbieri, 1999; Escobar, 2000).

El río Aracataca esta ubicado dentro de la segunda vertiente hidrográfica del Departamento del Magdalena. Esta vertiente esta dominada por la Ciénaga Grande de Santa Marta, hacia donde vierten sus aguas una gran cantidad de ríos, caños arroyos y quebradas. Dentro del Municipio se encuentra el río Aracataca, que esta formado por el río Mamancanaca que a su vez recibe las aguas del Duraimena; el río Piedras que nace en la Sierra Nevada y desemboca en el río Fundación; y otros ríos de menor importancia. El casco urbano esta regado por el río Aracataca y los canales de riego Antioquia y Tolima que atraviesan el poblado, además recibe aguas del río Fundación, el río Tucurín y otros ríos menores como el Maranchucua y el Duboncina. Los corregimientos de Buenos Aires y Sampues están regados por el canal de riego Corralito. (web oficial del municipio de Aracataca, 2009).

Tabla 6 Cantidad de hectáreas afectadas de acuerdo a la altitud de la cuenca del río Aracataca.

Msnm	Ha	%
0	24260	25.33
400	3568	3,79
800	6434	6,72
1200	5145	5,37
1600	4350	4,54
2000	4150	4,33
2400	3623	3,78
2800	5123	5,35
3200	8503	8,8
3600	10830	11,31
4000	10920	11,40
4400	6392	6,67
4600	2062	2,15
5200	408.8	0,43



Figura 3 Rio Aracataca

El rio fundación tiene este nombre apartir de la confluencia de los ríos San Sebastián y piedras. A partir de esta confluencia corre pendientes ondulados cerca del municipio de Fundación, en terrenos planos desmontados cubiertos por pastos. El rio corre entre barrancos de 4 a 6 metros de altura, con elevaciones entre 40 a 50 sobre el nivel del mar. La información de este rio es muy escasa. Las condiciones ambientales son similares al de la cuenca del rio aracataca



Figura 4 Rió Fundación

Tabla 7 Área de influencia del distrito de riego de Aracataca (USOARACATACA).

NOMBRE CANAL	Total Kms.(1)	LOCALIZACION	AREA INFLUENCIA (HAS)
PRINCIPALES			
ANTIOQUIA	2,14	RIO ARACATACA	
BREMEN	11,00	DERIVAC	
TOLIMA	12,55	DERIVAC.	
CORRALITO	15,10	RIO FUNDACION	
LAS FLORES	5,00	RIO FUNDACION	
PATIA 1	9,26	DERIVAC.	
PATIA 2	10,99	DERIVAC.	
AJI	10,28	RIO FUNDACION	
SUBTOTAL	76,32		
SECUNDARIOS			
LA NEGRA	4,09	Deriva del Corralito en el K.2+272	792
LOS ASES	4,12	Deriva del Corralito en el K.8+725	980
SOMALIA	1,84	Deriva del Corralito en el K.11+855	326
SAN JOAQUIN	2,77	Deriva del Canal Patía 2 en el K.0+221 y este a su vez del Canal Las Flores Bocatoma sobre el Río Fundación. Lo cruza el Dren Santana. Tiene carreteable	682
BOLIVAR 4	3,06	Deriva del Canal Tolima. No tiene carreteable K.3+806	975
TEHOBROMINA	3,92	Deriva del Canal Tolima en K.4+432	374
EDEN	4,08	Deriva del Canal Tolima en el K.7+737	849
RAMAL ANTIOQUIA	2,00	Deriva del Canal Bremen en el K.11+149	653
RAMAL CENTRO	2,93	Deriva del Canal Bremen en el K.11+169	362
RAMAL CAUCA	4,11	Deriva del Ramal Centro en el K.0+040	745
SUBTOTAL	32,92		6738
TOTAL	109,24		6738,00

2.2 TOMA Y REGISTRO DE LOS FACTORES FISICOS Y QUIMICOS

Los parámetros como pH, conductividad, oxígeno disuelto, temperatura se determinaron en campo, de forma simultánea a la toma de muestras para análisis químicos, bacteriológico, según la metodología establecida en el *Standard Methods*, 1992. Los parámetros de determinación in-situ se realizó con un equipo multiparametros WTW 350i/set 2F40-114BOE.

Características de los recipientes para toma de las muestras fisicoquímicas: los recipientes de dispuestos para la toma de muestras son fabricados en polipropileno de 600 ml de capacidad con tapa del mismo material para el caso de metales y demás parámetros fisicoquímicos.

Lavado de los recipientes: los recipientes para la recolección de muestras se limpiaron cuidadosamente con solución de ácido nítrico y purgados con agua libres de metales e hidrocarburos (desionizada), posteriormente se secó durante 24 horas ya 70°C. Todo lo anterior para eliminar el exceso de algún residuo o depósito orgánico en los recipientes.



Figura 5 Toma de muestras



Figura 6 Muestra recolectada y etiquetada del lugar donde se recojo la muestra

Para conservar las muestras de metales se aciduló con ácido nítrico concentrado 1.5 ml por cada litro de muestra y posteriormente se refrigeró con el fin de evitar el cambio de volumen por posibles procesos de evaporación.

Las muestras de DQO se aciduló con ácido sulfúrico concentrado y refrigeración, el resto de parámetros a determinar se realizó únicamente proceso de refrigeración hasta su análisis en laboratorio.

Tabla 8 Metodología utilizada en el Laboratorio de Calidad de agua

DETERMINACION	PROCEDIMEINTO (Referencia)
Boro	Método del carmín colorimetría a 585nm (EPA-2123-1997)
Fósforo orgánico	Método del ácido ascórbico (Strickland y parsons, 1972)
Fósforo inorgánico	(Strickland-Parsons,1972)
Nitrógeno total	Método del persulfato de potasio, según Valderrama (1981)
Porcentaje de sodio disponible	Técnica del IGAC (1973)
Carbonato de sodio residual	Técnica del IGAC (1973)
Relación de absorción de sodio(RAS)	Técnica del IGAC (1973)
Aluminio	Extracción con MIBK/APCD. Cuantificación por espectrofotometría (SM-18 Ed. 1998)
Cinc	Extracción con MIBK/APCD. Cuantificación por espectrofotometría (SM-18 Ed. 1998)
Cobre	Extracción con MIBK/APCD. Cuantificación por espectrofotometría (SM-18 Ed. 1998)
Manganeso	Extracción con MIBK/APCD. Cuantificación por espectrofotometría (SM-18 Ed. 1998)
Plomo	Extracción con MIBK/APCD. Cuantificación por espectrofotometría (SM-18 Ed. 1998)
Hierro	Extracción con MIBK/APCD. Cuantificación por espectrofotometría (SM-18 Ed. 1998)
Calcio	Extracción con MIBK/APCD. Cuantificación por espectrofotometría (SM-18 Ed. 1998)
Magnesio	Extracción con MIBK/APCD. Cuantificación por espectrofotometría (SM-18 Ed. 1998)
Sodio	Extracción con MIBK/APCD. Cuantificación por espectrofotometría (SM-18 Ed. 1998)
Potasio	Extracción con MIBK/APCD. Cuantificación por espectrofotometría (SM-18 Ed. 1998)
Temperatura	Método potenciométrico (SM-18 Ed. 1998)
sólidos totales	Método Gravimétrico (SM-18 Ed. 1998)
Sólidos suspendidos	Método Gravimétrico (SM-18 Ed. 1998)
Sólidos disueltos	Método Gravimétrico (SM-18 Ed. 1998)
Conductividad eléctrica	Método potenciométrico (SM-18 Ed. 1998)
Salinidad	Método potenciométrico (SM-18 Ed. 1998)
pH	Método potenciométrico(SM-18 Ed. 1998)
Acidez	Método de titulación con NaOH (SM-18 Ed. 1998)
Alcalinidad	Método de Titulación con HCl (SM-18 Ed. 1998)
Turbiedad	Método nefelométrico (SM-18 Ed. 1998)
Oxígeno disuelto	Método potenciométrico (SM-18 Ed. 1998)

Demanda química de Oxígeno(DQO)	Método titulométrico, reflujo cerrado, (SM-18 Ed. 1998)
Demanda biológica de oxígeno(DBO5)	Método de Winkler (SM-18 Ed. 1998)
Grasas y aceites	Método gravimétrico de partición (SM-18 Ed. 1998)
Nitratos	Método de reducción de cadmio (SM-18 Ed. 1998)
Nitritos	Método colorimétrico (SM-18 Ed. 1998)
Sulfatos	Método gravimétrico con secado de residuos(SM-18 Ed. 1998)
Cloruros	Método argentínométrico (Mohr) (SM-18 Ed. 1998)
Análisis bacteriológico	Método de fermentación en tubos múltiples

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis químico

Las muestras realizadas en campo y llevadas al laboratorio de Calidad de Agua como se indicó anteriormente, para analizarlas según las normas y criterios. En la tabla 9 se muestran los resultados en el Río Aracataca y en la tabla 10 los del río Fundación.

Tabla 9 Resultados obtenidos para las distintas variables analizadas en el río Aracataca

DETERMINACION	Muestra 1 Vereda macaraquilla	Muestra 2 Bocatoma distrito de riego usoaracataca	Muestra 3 vereda teobromina	Valor permisible 1594 de 1984
Boro mg/L	0.2	0.6	0.4	0.3-4.0
Fósforo orgánico mg/L	1.2	2.8	2.9	ND para riego
Fósforo inorgánico µg/L	5.2	10.4	6.0	ND para riego
Nitrógeno total µg/L	12	22.8	22.4	ND para riego
Porcentaje de sodio disponible %	21	22	22	ND para riego
Carbonato de sodio residual meq/L	0.2	1.2	0.7	ND para riego
RAS	0.5	0.6	0.6	0 a 3
CLASE	C1-S1	C1-S1	C1-S1	N/A
Aluminio mg/L	ND	ND	ND	5.0
Cinc mg/L	0.002	0.003	0.001	2.0

Cobalto mg/L	0.0002	0.002		0.05
Cobre mg/L	0.0251	0.017	0.0152	0.2
Manganeso mg/L	0.08	0.03	0.08	0.2
Hierro mg/L	0.31	0.28	0.21	5.0
Calcio mg/L	2.7	2.5	2.8	ND para riego
Magnesio mg/L	0.63	0.88	0.72	ND para riego
Sodio mg/L	0.74	0.88	0.85	ND para riego
Potasio mg/L	0.75	0.88	0.91	ND para riego
Temperatura °C	26.3	28.2	26.8	ND para riego
Sólidos totales mg/L	135	146	178	ND para riego
Sólidos suspendidos mg/L	52	84	91	ND para riego
Sólidos disueltos mg/L	83	452	87.2	ND para riego
Conductividad eléctrica µS/cm	76.6	44.1	57.8	ND para riego
pH	6.98	7.12	7.14	4.5- 9.0
Dureza mg/L	24	45	31	ND para riego
Acidez mg/L	52	47	48	ND para riego
Alcalinidad mg/L	98	97	102	ND para riego

Turbiedad UNT	4.67	4.02	2.09	ND para riego
Oxigeno disuelto mg/L	6.1	5.3	5.9	ND para riego
Demanda química de Oxígeno(DQO) mg/L	27	22	19	ND para riego
Demanda biológica de oxígeno(DBO ₅) mg/L	6.5	9.8	10.2	ND para riego
Grasas y aceites mg/L	1.2	3.3	2.5	ND para riego
Nitratos mg/L	0.37	0.48	0.42	ND para riego
Nitritos mg/L	0.18	0.23	0.16	ND para riego
Sulfatos mg/L	15	14	10	ND para riego
Cloruros mg/L	4	2	10	ND para riego
Coliformes totales NMP/100ml	1352	1574	2214	5000
Coliformes fecales NMP/100ml	380	243	741	1000

ND = No detectable.

ND Para Riego= No establecida en la normativa Colombia

N/A = No aplica

Tabla 10: Resultados obtenidos para las distintas variables analizadas Río fundación

DETERMINACION	Muestra 1 Finca cara de vaca	Muestra 2 Canal corralito	Muestra 3 Municipio del reten	Valor permisible 1594 de 1984
Boro mg/L	0.4	0.5	0.4	0.3-4.0
Fósforo orgánico mg/L	2.6	2.8	2.9	ND para riego
Fósforo inorgánico µg/L	6.6	7.8	11.8	ND para riego
Nitrógeno total µg/L	23.5	18	23.1	ND para riego
Porcentaje de sodio disponible %	25	22	21	ND para riego
Carbonato de sodio residual meq/L	1.4	0.3	1.4	ND para riego
RAS	1.0	0.7	0.6	0 a 3
CLASE	C1-S1	C1-S1	C1-S1	N/A
Aluminio mg/L	ND	ND	ND	5.0
Cinc mg/L	0.004	0.003	0.003	2.0
Cobalto mg/L	0.022	0.0031	0.021	0.05
Cobre mg/L	0.051	0.0357	0.021	0.2
Manganeso mg/L	0.03	0.07	0.03	0.2
Plomo mg/L	ND	ND	ND	5.0
Hierro mg/L	0.23	0.24	0.24	5.0
Calcio mg/L	1.2	2.3	2.1	ND para riego

Magnesio mg/L	0.88	0.94	0.87	ND para riego
Sodio mg/L	1.1	0.98	0.82	ND para riego
Potasio mg/L	1.1	0.98	1.1	ND para riego
Temperatura °C	26.7	27.1	21.3	ND para riego
Sólidos totales mg/L	334	209	512	ND para riego
Sólidos suspendidos mg/L	118	102	124	ND para riego
Sólidos disueltos mg/L	216	98	261	ND para riego
Conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$	65.7	73.5	71.9	ND para riego
pH	6.95	6.87	7.23	4.5- 9.0
Dureza mg/L	28	32	37	ND para riego
Acidez mg/L	58	51	56	ND para riego
Alcalinidad mg/L	114	118	112	ND para riego
Turbiedad UNT	4.71	11.2	12.38	ND para riego
Oxígeno disuelto mg/L	6.5	5.8	6.3	ND para riego
Demanda química de Oxígeno(DQO) mg/L	18	37	28	ND para riego

Demanda biológica de oxígeno(DBO ₅) mg/L	9.1	18.1	17.5	ND para riego
Grasas y aceites mg/L	1.2	2.1	1.1	ND para riego
Nitratos mg/L	0.57	0.35	0.52	ND para riego
Nitritos mg/L	0.27	0.19	0.31	ND para riego
Sulfatos mg/L	21	23	19	ND para riego
Cloruros mg/L	8	6	5	ND para riego
Coliformes totales NMP/100ml	1240	1894	1600	5000
Coliformes fecales NMP/100ml	512	897	678	1000

ND = No detectable.

ND Para Riego= No establecida en la normativa colombiana

N/A = No aplica

De acuerdo a los resultados obtenidos en los puntos muestreados en los ríos Fundación y Aracataca el agua según las características fisicoquímicas analizadas se encuentra apta para uso agrícola. Según lo estipulado en el decreto 1594 de 1984, las normas de Salinidad laboratorio y las estipuladas en la clasificación de agua para riego del FAO (Ayers & Wescot, 1985,1989) quienes estiman que conductividades eléctricas por debajo de 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y RAS 0 a 3 no representan problemas de salinización, sodificación y/o infiltración en el terreno.

Por otra parte se observa que los parámetros fisicoquímicos como metales realizados se encuentra muy por debajo de los rangos establecidos en el decreto 1594/84, para el caso de la dureza según (Romero, 2002) esta agua pueden considerarse como blandas teniendo presente que la dureza registradas para este estudio no superan los 45 mg/L CaCO₃.

Tabla 11 Índice de Dureza

0 -75 mg/L	Blanda
75 -150 mg/L	Moderadamente dura
150 – 300 mg/L	Dura
>300 mg/L	Muy dura

3.2 Análisis bacteriológico

Tabla 12 Normatividad colombiana: criterios de calidad para la destinación del recurso
dec1594/84, agua, dulce y estuarina)

CRITERIO	VALOR PERMISIBLE CT Y CF
Destinación del recurso para uso Agrícola.	CT= 5.000 NMP/100ml CF= 1.000 NMP/100ml
Destinación del recurso para la preservación de Fauna y Flora.	CT= 5.000 NMP/100ml CF= -

De acuerdo a la legislación colombiana decreto 1594 de 1984 el agua correspondiente a al rio fundación y Aracataca es apta para su uso directo en riego, preservación de fauna y flora y su posible uso como fuente de abastecimiento para consumo previo tratamiento de potabilización.

4. CONCLUSIONES

En general, las aguas de los ríos Aracataca y Fundación, son aptas para riego para todo tipo de cultivo y tipo de suelo. No obstante si no se tiene un buen drenaje puede causar lavado en los suelos causando acumulación de sales en la superficie del suelo. Causando toxicidad a las plantas de cultivo.

En las muestras 1, 2 y 3 tomadas tanto en el río Aracataca y Fundación no hay riesgo de toxicidad por Boro ya que los niveles de Boro son inferiores 0.7 mg/l.

En las muestras 3 tanto del río Aracataca como el de Fundación presenta una ligera toxicidad por cloro de 8 y 10 mg/l según los criterios de la FAO para la calidad de agua de riego, debido a posible contaminación de basuras arrojadas en los canales de riego.

Las aguas de los ríos Aracataca y Fundación no tienen peligro potencial en los sistemas de riego por goteo y aspersión.

5. RECOMENDACIONES

Corroborar los análisis de calidad de agua con los de suelos que se realicen para conocer si lavado de sales en los suelos que cause salinización en las áreas de cultivo para si corregir cualquier alteración en los suelos por sales.

BIBLIOGRAFIA

Alfaro, J. F., Salinity and Food Production in South America. Proceedings of the Conference on Water and Water Policy in World Food Supplies, 26-30 May. Texas A&M University Press, 1985.

Alfaro, J. F. .Uso de agua y energía para riego en América Latina. Texas A&M [citado 22-02-08] University Press, Alfaro & Associates P. O. Box 4267, Salinas, CA 93912, Estados Unidos (FAX: (408) 663-3008). 1991. Disponible en Internet http://www.unesco.org.uy/phi/libros/uso_eficiente/alfaro.html

AYERS &WESCOT.1985.clasificacion e la calidad del agua para riego FAO.

Ballesteros Roberto, Gonzáles Pedro. Calidad de las aguas utilizadas para riego en los municipios de Aracataca y Fundación. Universidad del Magdalena. Tesis I.A 0002

Barbieri Alberto, Gómez Yoli, Grando Luigi, Aviles Bernardo. Plan de Manejo Integral de la Cuenca Hidrográfica del Río Aracataca. Bogota. CIPS (Comitati Internazionale per lo Sviluppo dei popoli) CORPAMAG. Ecoe Ediciones. ISBN: 958-648-233-2

Canchano Eliécer. Uso y manejo de Suelos. Universidad del Magdalena, Santa Marta 1995.

Custodio, E. y Llamas, M.R. (1986). *Hidrología subterránea*. Omega, 2350 p

Escobar F. Gabriel, Hurtado Quintero Ricardo, Estudio de Reglamentación del Río Aracataca Santa Marta. 2000. Trabajo de Grado. Universidad del Magdalena. PCA 00029.

FAO. Agua y cultivos logrando el uso optimo del agua en la agricultura. [citado 18-02-2008]. Deposito de documentos de la FAO.2002.Disponible en Internet <http://www.fao.org/docrep/005/y3918s/y3918s00.htm#TopOfPage>

García Alvaro O I.A.,M.Sc.Ph.D Manejo del agua según su calidad. Presidente Sociedad Colombiana y Latinoamericana de la Ciencia del Suelo E-mail: sccsueloagarcia@uniweb.net.co; I.Agr. MSc. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira e I.A. Esp. Corpoginebra. 2008

IDEAM, Estudio Nacional del Agua. [Citado 21-02-08] República de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios ambientales, IDEAM. 2004. disponible en Internet. <http://www.ideam.gov.co/publica/ena/enatexto.pdf>

IDEAM .El medio ambiente en Colombia. [Citado 21-02-08] República de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios ambientales, 1998. Disponible por Internet: <http://www.ideam.gov.co/publica/medioamb/cap4.pdf>

Losiev, KS. El agua, Guidrometoizdat: San Petersburgo, 1989

Martín de Santa Olalla Mañas Francisco, De Juan Valero Jose. Agronomía del Riego. Universidad de Castilla-La Mancha, departamento de producción Vegetal y tecnología agraria. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid 1993.

Payeras Antoni. Efectos de la calidad del agua en relación a la absorción de estas por las raíces. [Citado 23-02-08] disponible por Internet http://www.bonsaimenorca.com/agua_riego.html

Pagina oficial del municipio de Aracataca. [Citado 29-02-08] disponible en:
<http://aracataca-magdalena.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=M--1--&m=f&s=m#geografia>

Pagina oficial del municipio de Fundación. [Citado 29-02-08] disponible en Internet <http://www.fundacion-agdalena.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=M--1--&m=f&s=m#geografia>.

Pagina oficial de la gobernación del Magdalena. [Citado 29-02-08] disponible en: internet
<http://www.gobmagdalena.gov.co/default.asp?ACT=5&content=40&id=23&mnu=23>.

Ramírez Rodríguez Roberto. La problemática global del agua [en línea]. robertormz6978@terra.com.mx [citado 28-02-08]. Disponible en Internet <http://www.monografias.com/trabajos14/problemadelagua/problemadelagua.shtml>

Renzo Barrera; Jiménez P. Antonio; Lobato P. Reynaldo. Caracterización química de las aguas de la Zona Bananera del departamento del Magdalena de acuerdo a la posición fisiográfica. Universidad del Magdalena. 2004

Romero, J. 2002. Calidad del agua. Editorial, escuela Colombiana de ingeniería. Bogota 410p.

Rodriguez, S; Vara, J; Martinez, G. 2005. Clasificación de las aguas para riego en una arrocería centro-sur de corrientes. Universidad Nacional de nordeste, Argentina

Winier, E. S. El agua, el suelo y la planta. Editorial Diana, México. 1981. 254 p

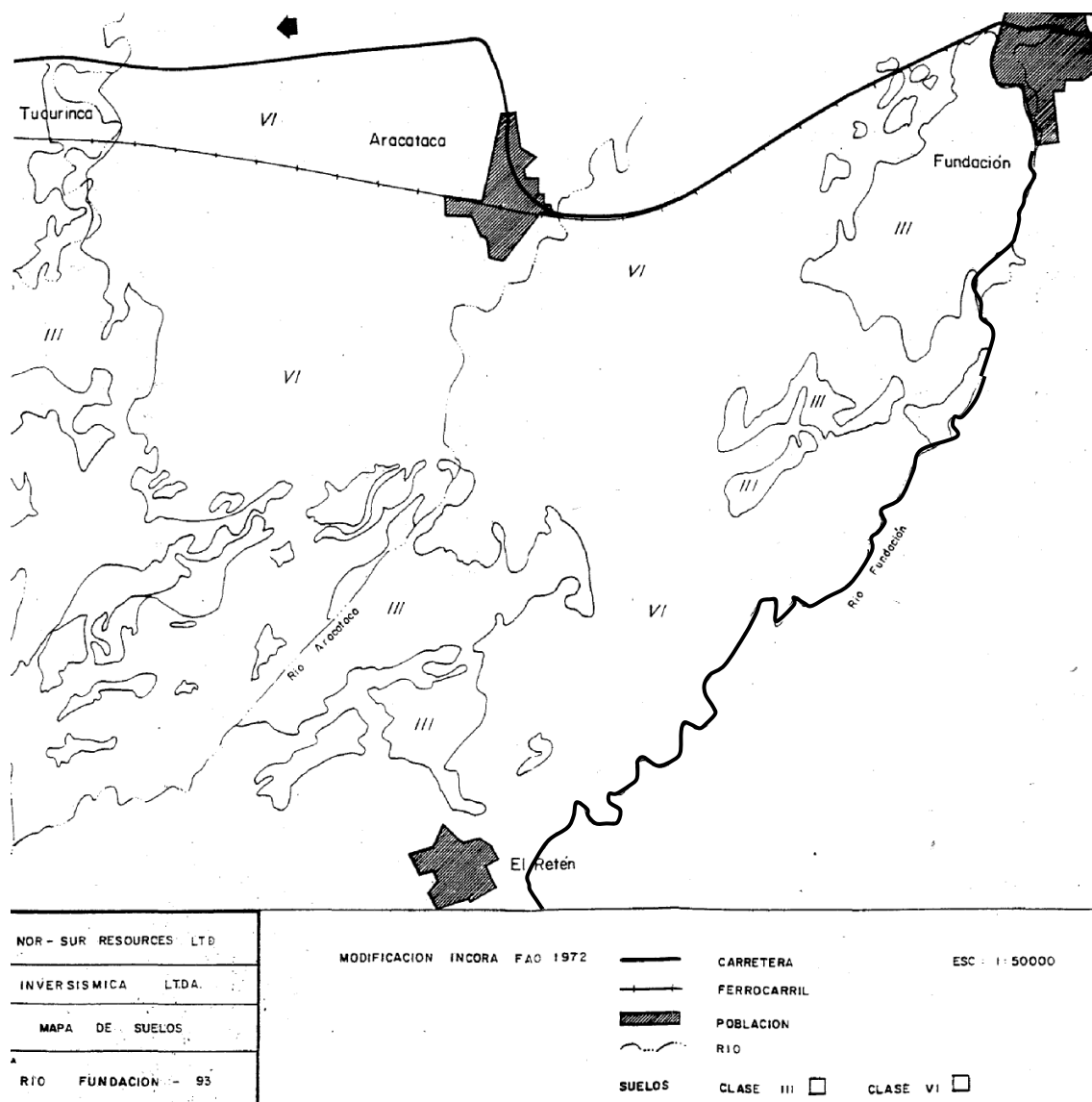
William Toncel, Giovanetti Manuel, Silva Carlos. Clasificación de las aguas para riego en la Zona Bananera (Departamento del Magdalena). Trabajo de Grado

(Ingeniería Agronómica). Universidad del Magdalena. Facultad de ingeniería.
Riegos y drenajes. Ia00193

UNESCO. Seminario Internacional sobre Uso Eficiente del Agua. [Citado 18-02-
2008]. Disponible en Internet:
http://www.unesco.org.uy/phi/libros/uso_eficiente/indice.html#jf

ANEXOS

Anexo 1: Mapa del Rio Fundación



Anexo 2: Cuenca del Río Aracataca

